

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 851**

51 Int. Cl.:

B23K 31/00 (2006.01)

B23K 9/02 (2006.01)

B23K 9/235 (2006.01)

C21D 7/02 (2006.01)

C21D 9/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.10.2003 E 03754044 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2012 EP 1579945**

54 Título: **Junta soldada circularmente que presenta excelente resistencia a la fatiga, método para producir la junta soldada circularmente y estructura soldada**

30 Prioridad:

08.10.2002 JP 2002294397

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

12.04.2013

73 Titular/es:

NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (100.0%)

**6-1, Marunouchi 2-chome Chiyoda-ku
Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:

**NAKASHIMA, KIYOTAKA y
ISHIKAWA, TADASHI**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 400 851 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Junta soldada circularmente que presenta excelente resistencia a la fatiga, método para producir la junta soldada circularmente y estructura soldada

5 La presente invención se refiere a un método para producir una estructura soldada con una junta soldada circularmente de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 (véase, por ejemplo, JP 6-262 385 A).

Técnica anterior

10 De manera general, se ha usado mucho una junta soldada circularmente obtenida por medio de soldadura de los extremos de dos piezas de chapas de acero combinadas perpendicularmente, como junta soldada para edificios, barcos, puentes, maquinaria de construcción y estructuras marinas, y se ha empleado una variedad de métodos de soldadura, tales como soldadura por arco, soldadura de plasma, soldadura láser, soldadura por haz de electrones y similares.

15 La junta soldada circularmente recibe una carga repetitiva debido al viento, las olas y la vibración mecánica, y es muy importante mejorar su resistencia a la fatiga. Como métodos para mejorar las formas de los cordones soldados y la resistencia a la fatiga mediante tratamiento tras la soldadura, se han empleado (1) molienda, (2) tratamiento TIG, (3) endurecimiento por granallado y (4) endurecimiento por martilleo acompañado, no obstante, por los problemas descritos a continuación.

En el presente documento, la molienda y el tratamiento TIG son para mejorar las formas de los cordones soldados, sin embargo el resultado es que ambos son muy ineficaces.

20 El endurecimiento por impacto y el endurecimiento por martilleo son eficaces para mejorar la resistencia a la fatiga. No obstante, el endurecimiento por impacto requiere una máquina de gran tamaño así como diferentes utilidades.

Además, el endurecimiento por martilleo viene acompañado de una reacción grande y de una pobre estabilidad dando como resultado un tratamiento que con frecuencia provoca una disminución en la aptitud de formación en prensa y en la resistencia a la fatiga. Además, el endurecimiento por martilleo proporciona una deformación plástica demasiado grande y no se puede aplicar a chapas finas.

25 Además, la molienda y el endurecimiento por martilleo someten a la junta a maquinizado a una frecuencia tan reducida como varios hertzios. Por tanto, la superficie maquinizada se vuelve muy rugosa. Si la tensión se concentra en las partes de montaña y si se ejerce de forma repetida la carga sobre la junta, se produce la ruptura en la parte en la que se concentra la tensión dando lugar a una disminución de la resistencia a la fatiga de la junta como un todo.

30 De manera general, además, se introduce la tensión residual en el interior de la parte soldada debido a una entrada de calor de soldadura. La tensión residual es uno de los factores que disminuye la resistencia a la fatiga en la parte soldada. Como otro medio para mejorar la resistencia a la fatiga, por tanto, se ha conocido un método para aumentar la resistencia a la fatiga por medio de la producción de una tensión residual compresiva en la junta soldada o mediante la disminución de la tensión residual de tracción que se genera en la junta soldada.

35 Por ejemplo, la tensión residual compresiva se puede impartir llevando a cabo el endurecimiento por impacto cerca del extremo soldado. En el presente documento, el endurecimiento por impacto es un método para impartir la tensión residual compresiva provocando el impacto de un número de bolas de acero de tamaños no menores que 1 mm sobre una parte en la que tiene lugar la ruptura debido a la fatiga.

40 Además se sabe que es posible mejorar la forma del extremo soldado o que se puede disminuir la resistencia a la tensión residual por tracción por medio de calentamiento y fusión de nuevo del metal soldado.

No obstante, el endurecimiento por impacto requiere bolas de acero que plantean problemas después del tratamiento con las bolas de acero y el coste. En ese caso, además, existe el problema de la dispersión en el margen para mejorar la resistencia a la fatiga.

45 Como se ha descrito anteriormente, no se puede emplear la tecnología convencional para mejorar la resistencia a la fatiga para la junta soldada circularmente. Incluso si se pudiera emplear, el margen de mejora de la resistencia a la fatiga queda confinado a un nivel bajo.

Como técnica anterior referida a un método para mejorar la resistencia a la fatiga por medio de la aplicación de oscilación por ultrasonidos a una junta soldada, por ejemplo, el documento USP 6171415 describe un método para aplicar oscilación ultrasónica junto con la parte matada por soldadura calentada por medio de arco de soldadura.

50 De acuerdo con la presente técnica anterior, no obstante, es un pre-requisito impartir oscilación ultrasónica a un material calentado a temperatura elevada inmediatamente después de la soldadura y, además, no se ha descrito un intervalo concreto para el impacto con el oscilador ultrasónico.

Con el fin de mejorar la resistencia a la fatiga de la estructura soldada, además, se han desarrollado chapas de acero para evitar la propagación de grietas debidas a la fatiga y por tanto se ha desarrollado una variedad de propuestas.

5 Por ejemplo, de acuerdo con 24th Proceedings of The Fatigue Symposium, "Fatigue Properties of the Surface Layer Ultra-Fine Granulated Steel Plate", Japanese Academy of Materials, 1998, pp. 157-162, se ha descrito que el denominado acero SUF que forma la micro-estructura ultra-fina de la capa superficial por medio de procesado de ferrita en una etapa de elevación de la temperatura del material de acero para la construcción de barcos en la columna de tipo de acero a de la Tabla 1, exhibe el efecto de retrasar la velocidad de propagación de fisuras debidas a la fatiga.

10 Además, el documento JP-A-6-271985 describe una chapa de acero que rebaja la velocidad de propagación de fisuras debidas a la fatiga llevando a cabo un enfriamiento con agua tras el laminado por zonas de dos fases con el fin de rebajar la temperatura de laminado y acabado de la chapa de acero que contiene los componentes que se muestran en la columna de tipo de acero b de la Tabla 1, de manera que se forme un constituyente de martensita-austenita en el que las fisuras, debidas a la fatiga, experimentan ramificación, haciendo posible la rebaja de la
15 velocidad de propagación de fisuras debidas a la fatiga.

Además, el documento JP-A-11-1742 describe una chapa de acero para evitar la propagación de las fisuras controlando la forma de la segunda fase en la micro-estructura de material compuesto que comprende ferrita y de la segunda fase en la chapa de acero que contiene los componentes que se muestran en la columna de tipo de acero c de la Tabla 1, y controlando la dureza de la ferrita y de la segunda fase, de manera que tengan lugar fisuras finas a
20 partir de las fisuras principales de la segunda fase, que trabajan para dispersar y debilitar la propagación de fisuras.

El documento JP-A-7-90478 describe una chapa de acero que evita la propagación de fisuras por medio de laminado de la chapa de acero que contiene los componentes que se muestran en la columna de tipo acero d de la Tabla 1 en la zona no recristalizada, seguido de enfriamiento lento para formar una zona- γ en la cual se concentra el carbono y, posteriormente, llevando a cabo un enfriamiento rápido para controlar la formación de un componente de
25 martensita-austenita.

Además, el documento JP-A-2002-129181 describe una chapa de acero que evita la propagación de fisuras debidas a la fatiga dispersando ferrita y una segunda fase que presenta una resistencia diferente en gran medida de la de la ferrita, de manera que se encuentre presente con tamaños apropiados y en cantidades adecuadas en la chapa de
30 acero que contiene los componentes mostrados en la columna de tipo de acero e de la Tabla 1 y, además, permitiendo el desarrollo, de manera concurrente, de una micro-estructura de conjunto particular.

Además, el documento JP-A-8-225882 describe una chapa de acero que retrasa la velocidad de propagación de fisuras por medio de la formación de una chapa de acero que contiene los componentes mostrados en la columna de tipo de acero f de la Tabla 1 y que tiene una micro-estructura de dos fases de ferrita y bainita, y especificando la proporción de la parte de fase de ferrita, la dureza de la ferrita y el número de fronteras de fase entre ferrita y bainita para que se encuentren dentro de intervalos pre-determinados.
35

El documento JP 6-262385 A se refiere a un método para mejorar la resistencia a la fatiga de la parte terminal de la soldadura por medio de inactivación local. En particular, se describe un método para mejorar la resistencia a la fatiga de la parte terminal de la soldadura por medio de enfriamiento de la superficie de la parte terminal de la soldadura hasta 200 °C o menos, cuando la superficie de la parte terminal de la soldadura es de 200 °C o más, en la que el enfriamiento se lleva a cabo a una velocidad media de enfriamiento de 10° C/s o más por medio de la inyección de un agente de enfriamiento tal como nitrógeno líquido, generando de este modo una tensión residual compresiva sobre la superficie del material de acero.
40

El documento JP 7-204844 A se refiere a un método de soldadura y un dispositivo de enfriamiento para la parte de ramificación de una tubería. En particular, se describe el método, cuando tiene lugar la soldadura de la parte de ramificación de la tubería, para aplicar la tensión residual compresiva a una superficie interna de soldadura, por medio de soldadura del lado superficial externo de la parte de ramificación de la tubería al tiempo que se mantiene su lado interno en estado de sellado y se enfría su parte interna.
45

El documento JP55-024717 A describe un método para convertir la tensión residual de la superficie del material de acero inoxidable desde tensión de tracción hasta tensión compresiva, por medio de la inyección de perlas de vidrio de aproximadamente 90 a 1000 μm con una presión de 4 a 5 kg/mm^2 , durante aproximadamente 5 a 10 segundos. En otras palabras, es un método para introducir una tensión residual compresiva en la superficie de los materiales de acero por medio de la energía cinética de perlas de vidrio que presentan aproximadamente 90 a 1000 μm .
50

El documento GB 1486728 A describe un método de aplicación de tensión residual compresiva a una profundidad de 100 μm a partir de la superficie externa de la tubería de un generador de vapor de un sistema de generación de energía atómica, inyectando perlas de vidrio de 0,1 a 0,5 mm de diámetro a una velocidad de inyección de 40 a 100 m/s o mediante forja con martillo.
55

Además, el documento JP-A-11-310846 describe una chapa de acero que da lugar a fisuras, debidas a la fatiga, que

5 se convierten en estancadas por medio del conformado de una chapa de acero que contiene los componentes que se muestran en la columna de tipo de acero g de la Tabla 1 y que presentan un micro-estructura de dos fases de ferrita y bentonita o una textura de tres fases de ferrita, bainita y martensita, en la que, cuando se ajusta la diferencia de dureza entre las micro-estructuras de las diferentes micro-estructuras de material compuesto de forma que sea mayor que un valor pre-determinado o cuando se evita que el tamaño medio de partícula de la parte blanda o el hueco medio de la parte dura sean menores que un valor pre-determinado además de lo anterior, se evita la deformación plástica en el parte final en el caso de que la fisura que se está desarrollando haya alcanzado las proximidades de la frontera entre la parte dura y la parte blanda.

10 No obstante, incluso las chapas de acero anteriores que evitan la propagación de fisuras debidas a la fatiga, exhiben un pequeño efecto de mejora de la resistencia a la fatiga en presencia de tensión residual de tracción debido a la entrada de calor de la soldadura circular.

Es decir, la tensión se concentra en el extremo soldado, y se favorece la concentración de la tensión si la tensión residual de tracción trabaja sobre la parte terminal debido a la entrada de calor en el momento de la soldadura, provocando una disminución en la resistencia a la fatiga en un grado manifiesto.

15 **Descripción de la invención**

Es un objeto de la presente invención proporcionar un método para producir una junta soldada circularmente.

Con el fin de solucionar el problema anteriormente mencionado, se consiguió la presente invención a través de un estudio intensivo y se encuentra en la reivindicación 1.

Breve descripción de los dibujos

20 La Figura 1(a) es una vista en planta que ilustra una junta soldada circularmente no cubierta por la presente invención;

La Figura 1(b) es una vista frontal que ilustra la realización de la junta soldada circularmente no cubierta por la presente invención;

25 La Figura 2 es un diagrama que ilustra una distribución de tensión residual en el punto A (en el que se lleva cabo el impacto ultrasónico) de la Figura 1(b) en la dirección de espesor de chapa de la chapa de acero 1 antes de llevar a cabo la soldadura circularmente;

La Figura 3 es un diagrama que ilustra una distribución de tensión residual en el punto A (en el que se lleva cabo el impacto ultrasónico) de la Figura 1(b) en la dirección de espesor de chapa de la chapa de acero 1 después de llevar a cabo la soldadura circularmente;

30 La Figura 4 es un diagrama que ilustra una distribución de tensión residual en el punto A de la Figura 1(b) en la dirección de espesor de chapa de la chapa de acero 1 después de haber llevado a cabo el impacto ultrasónico;

La Figura 5(a) es un vista en planta que ilustra una junta soldada circularmente usada en la realización del método de acuerdo con la invención;

35 La Figura 5(b) es una vista frontal que ilustra la junta soldada circularmente usada en la realización del método de acuerdo con la invención;

La Figura 6 es un diagrama que ilustra un método para medir la distancia de la zona de tensión residual compresiva desde la capa superficial;

La Figura 7(a) es una vista frontal que ilustra una pieza de ensayo usada para el ensayo de propagación de fisuras debidas a la fatiga;

40 La Figura 7(b) es una vista lateral que ilustra una pieza de ensayo usada para el ensayo de propagación de fisuras debidas a la fatiga; y

La Figura 8 es una vista que ilustra un método para medir la vida hasta que aparecen las fisuras debidas a la fatiga.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

Las Figuras 1(a) y 1(b) son vistas que ilustran una junta soldada circularmente.

45 En las Figuras 1(a) y 1(b), la chapa de acero 1 que recibe la tensión principal y la chapa de acero 2 que no recibe la tensión principal se encuentran juntas perpendicularmente, y se sueldan juntas en la parte 3 soldada circularmente que rodea.

Se usa la chapa de acero 1 como miembro de refuerzo para la estructura soldada al tiempo que la chapa de acero 2 se usa con otra finalidad diferente de la del miembro de refuerzo.

La chapa de acero 1 del lado que recibe la tensión principal es al menos una que evita la propagación de fisuras debidas a la fatiga. Esto es debido a que, las fisuras debidas a la fatiga a través de la repetición de la tensión provocan un problema en el presente miembro.

5 En el presente documento, la chapa de acero que evita la propagación de las fisuras debidas a la fatiga representa el acero SUV mencionado anteriormente que tiene una micro-estructura muy fina en la capa superficial y una chapa de acero que evita la propagación de fisuras debidas a la fatiga, mediante el control del laminado por zonas de dos fases y de la micro-estructura.

Se ha considerado que el mecanismo para evitar la propagación de fisuras debidas a la fatiga es como se describe a continuación.

10 En primer lugar, las fisuras se vuelven estancadas debido a la fase dura formada en la fase blanda, y comienza la ramificación debido a la desviación alrededor de la fase dura. Acompañando a la desviación y la ramificación de las fisuras, se favorece el efecto de cierre para evitar las fisuras, y la velocidad de propagación de las fisuras se hace de 1/10 a 1/4 la de las chapas de acero generales.

15 En presencia de tensión residual de tracción, no obstante, disminuye el efecto de cierre, y la velocidad de propagación de las fisuras se hace de 1/3 a 1/2 la de las chapas de acero generales.

Por tanto, resulta deseable que la chapa de acero para evitar la propagación de las fisuras debidas a la fatiga sea una que presente una tensión residual de tracción en la capa superficial de la chapa de acero.

20 Si existe una tensión residual compresiva en la capa superficial de la chapa de acero, es posible relajar la tensión residual de tracción debido a la entrada de calor en el momento de la soldadura. Además, cuando se lleva a cabo el tratamiento por impacto ultrasónico, se puede transformar la tensión en tensión residual compresiva a lo largo de un intervalo desde la superficie de la chapa de acero hacia el interior de la chapa en la dirección de espesor de la misma, y se puede mejorar la resistencia a la fatiga en un grado destacable.

25 Cuando se lleva a cabo la soldadura circularmente, se genera una tensión residual de tracción en la parte terminal 4 debido a la entrada de calor de soldadura. Llevando a cabo el impacto en la periferia de la parte terminal dentro de un intervalo de 5 mm desde el la parte terminal 4 por medio del uso de un terminal 5 de oscilación ultrasónico de acuerdo con la presente invención, se puede sustituir la tensión residual de tracción por tensión residual compresiva y, además, se puede relajar la concentración de tensión en la parte terminal soldada para alargar la vida antes de que aparezcan las fisuras. Mediante el uso de la chapa de acero que evita la propagación de fisuras debidas a la fatiga, por tanto, se puede disminuir la velocidad de propagación de las fisuras debidas a la fatiga para que sean de 30 1/20 a 1/8 las de las chapas de acero generales debido a un mayor efecto de cierre.

El intervalo se encuentra confinado, de acuerdo con la presente invención, para que no sea mayor que 5 mm. Esto es debido a que la tensión se concentra en el presente intervalo, y el hecho de ampliar el intervalo más de 5 mm no funciona para relajar la concentración de tensión.

35 Además, aunque no se establece limitación alguna sobre el tipo de generador ultrasónico usado en la presente invención, pueden existir trazas impactadas conformadas, a una profundidad de varios cientos de micrómetros, que presentan una excelente suavidad de las partes impactadas por medio del uso de una fuente de energía de 500 W as 1 Kw, mediante la generación de oscilación ultrasónica de 20 Hz a 60 Hz, usando un transductor, y mediante la amplificación de la oscilación a través de una guía de ondas para hacer oscilar un terminal de oscilación ultrasónico, que es una clavija eléctrica de 2 mm a 6 mm de diámetro, con una amplitud de 30 a 40 μ m.

40 La Figura 2 es un diagrama que ilustra una distribución de tensión residual en el punto A (en el que se lleva a cabo el impacto ultrasónico) de la Fig. 1(b) en la dirección del espesor de chapa de la chapa de acero 1 antes de llevar a cabo la soldadura circularmente.

En la Figura 2, la dirección (+) representa la tensión residual de tracción y la dirección (-) representa la tensión residual compresiva.

45 En la etapa de enfriamiento durante el laminado, se pulveriza agua de enfriamiento sobre la superficie de la chapa de acero 1 para enfriarla rápidamente, generando de este modo la tensión residual compresiva en una cantidad de aproximadamente 50% de la tensión de rendimiento de la capa superficial de la chapa de acero que se muestra en la Figura 2.

50 La Figura 3 es un diagrama que ilustra una distribución de la tensión residual en el punto A (en el que se lleva a cabo el impacto ultrasónico) de la Figura 1(b) en la dirección de espesor de chapa de la chapa de acero 1 tras haber llevado a cabo la soldadura circularmente.

En la Figura 3, la dirección (+) representa la tensión residual de tracción y la dirección (-) representa la tensión residual compresiva.

Debido a la entrada de calor de la soldadura en sentido circular, se genera la tensión residual de tracción hasta un

grado de aproximadamente 90% de la tensión de rendimiento en las superficies frontal y trasera de la chapa de acero. En presencia de tensión de tracción, se favorece la concentración de la tensión en la parte terminal de soldadura y la resistencia a la fatiga disminuye en un grado destacable.

5 La Figura 3 ilustra un caso en el que la chapa de acero 1 se suelda circularmente a partir de las superficies frontal y trasera, y la distribución es simétrica entre la superficie frontal y la superficie trasera.

La Figura 4 es un diagrama que ilustra una distribución de tensión residual en el punto A de la Figura 1(b) en la dirección del espesor de placa de la placa de acero 1 tras haber llevado a cabo el impacto ultrasónico.

10 En la Figura 4, la dirección (+) representa la tensión residual de tracción, la dirección (-) representa la tensión residual compresiva, y t_0 indica un intervalo en el cual la tensión residual en la dirección de tensión principal es la tensión residual compresiva.

15 Como se muestra en la Figura 4, si el espesor de la chapa de acero viene indicado por t , la tensión residual en la dirección de tensión principal es la tensión residual compresiva a lo largo de un intervalo de $t_0 \geq t/8$ en la dirección del espesor de la chapa a partir de la superficie soldada circularmente de la chapa de acero. Concretamente, la concentración de la tensión en la soldadura se relaja en gran medida, haciendo posible un aumento considerable de la resistencia a la fatiga.

20 Cuando se usa el acero generalmente empleado, que no es capaz de evitar la propagación de fisuras debidas a la fatiga, por una parte, la distribución de tensión residual (línea de puntos) es tal que el intervalo de tensión residual compresiva se encuentra en la capa completamente superficial en la dirección de espesor de chapa, mostrando un pequeño efecto para relajar la concentración de tensión en la parte terminal y, además, exhibiendo un pequeño efecto para aumentar la resistencia a la fatiga.

Además, por medio de la construcción de estructuras soldadas tales como edificios, barcos, puentes, maquinaria de construcción y estructuras marinas, usando las juntas soldadas circularmente que muestran la excelente resistencia a la fatiga de la presente invención, resulta posible proporcionar estructuras soldadas que muestran excelente resistencia a la fatiga.

25 Ejemplos

A continuación, se describe un ejemplo del método para mejorar la resistencia a la fatiga de la junta soldada circularmente de la invención haciendo referencia a las Tablas 2 a 4 y a las Figuras 5(a) a (7b).

Las Figuras 2 y 3 muestran la composición química (% en masa) y los procesos de producción de la chapa de acero usada para el Ejemplo.

30 En las Figuras 2 y 3, las chapas A a F son aceros terminados comunes que no evitan la propagación de fisuras debidas a la fatiga, y los aceros G a L son aceros que evitan la propagación de fisuras debidas a la fatiga usados en la presente invención.

La Figura 4 muestra el resultado de someter a impacto un intervalo dentro de 5 mm desde el extremo de las juntas soldadas circularmente de los aceros A a L mediante el uso de un terminal de oscilación ultrasónico.

35 Las Figuras 5(a) y 5(b) son diagramas que ilustran la junta usada soldada circularmente.

Las condiciones para el ensayo de fatiga fueron las siguientes:

Sistema que ejerce la carga: Tensión axial

Proporción de tensión: 0,1

Medio: a temperatura ambiente, en el aire

40 Intervalo de tensión de ensayo: 150 MPa

La Figura 6 es un diagrama que ilustra un método para medir la distancia de la zona de tensión residual compresiva desde el área superficial.

Se midió la distancia t_0 de la zona de tensión residual compresiva desde la capa superficial mostrada en la Figura 6 por medio de un método de rayos-X de $\sin 2\psi$.

45 Concretamente, una vez que se ha medido la tensión residual en la capa superficial, se midió la tensión residual tras la molienda al tiempo que se mantenía un hueco de 0,5 mm en la dirección de espesor de chapa para encontrar la distancia hasta la posición en la que la tensión residual se hace cero desde la capa superficial.

La Figura 7(a) y 7(b) son vistas que ilustran una pieza de ensayo usada para el ensayo de propagación de fisuras debidas a fatiga.

Las condiciones para el ensayo de propagación de fisuras debidas a fatiga fueron las siguientes:

Sistema que ejerce la carga: Plegado de tres puntos

Proporción de tensión: 0,1

Medio: a temperatura ambiente, en el aire

- 5 Medición de la longitud de las fisuras: método de diferencia de potencial DC.

La Figura 8 es una vista que ilustra un método para medir la vida hasta que aparecen las fisuras debidas de fatiga.

Para medir la vida hasta que aparecen las fisuras en la zona afectada por calor (HAZ) de la Figura 8, se fijó una galga extensiométrica en un punto 5 mm fuera de la parte terminal, y estableció la relación de que el tiempo transcurrido hasta que el rendimiento de la galga extensiométrica disminuyó 5% era la vida presente.

- 10 Los Nos. 1, 3, 5, 7, 9 y 11 son Ejemplos Comparativos en los cuales los aceros terminados comunes no fueron sometidos a tratamiento de impacto ultrasónico. Por tanto, la tensión residual en la parte terminal se convirtió en la tensión residual de tracción, y la vida hasta ruptura, que es la suma de la vida presente hasta que aparecen las fisuras debidas a fatiga y la vida de propagación, adoptan el valor más corto posible.

- 15 Los Nos. 2, 4, 6, 8, 10 y 12 son Ejemplos Comparativos en los cuales los aceros terminados comunes fueron sometidos a tratamiento de impacto ultrasónico. La tensión residual en la parte terminal se convierte en la tensión residual compresiva. Si el espesor de la chapa de acero viene indicado por t , no obstante, la tensión residual compresiva únicamente existe en un intervalo no mayor que $t/15$ en la dirección del espesor de chapa desde la capa superficial. Por tanto, la vida hasta ruptura, que es la suma de la vida presente hasta que aparecen las fisuras debidas a fatiga y la vida de propagación fueron aproximadamente el doble de grande que los valores correspondientes al caso en el que no se llevó a cabo el tratamiento de impacto ultrasónico.
- 20

- Los Nos. 13, 15, 17, 19, 21 y 23 son Ejemplos Comparativos en los cuales los aceros que evitan la propagación de fisuras debidas a fatiga no se sometieron al tratamiento de impacto ultrasónico. Por tanto, la tensión residual en la parte terminal se convierte en la tensión residual de tracción. Debido al efecto de evitar la propagación de fisuras debidas a fatiga, no obstante, la vida hasta ruptura, que es la suma de la vida presente hasta que aparecen las fisuras debidas a fatiga y la vida de propagación fueron aproximadamente el doble de grande que los valores correspondientes al caso del acero terminado ordinario.
- 25

- Los Nos. 14, 16, 18, 20, 22 y 24 son Ejemplos que ilustran los resultados obtenidos usando el método de la presente invención, en los cuales los aceros que evitan la propagación de fisuras debidas a fatiga fueron sometidos a tratamiento de impacto ultrasónico. La tensión residual en la parte terminal se volvió la tensión residual compresiva. Si el espesor de la chapa de acero viene indicado por t , la tensión residual compresiva existe a lo largo de un intervalo no menor que $t/10$ o no menor que 3 mm en la dirección del espesor de la chapa desde la capa superficial. Por tanto, la vida hasta ruptura, que es la suma de la vida presente hasta que aparecen las fisuras debidas a fatiga y la vida de propagación se convierten en un valor no más pequeño que tres veces el valor correspondiente al caso en el que no se lleva a cabo tratamiento de impacto ultrasónico.
- 30

35

Tabla 1

Tipo de acero	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Otros componentes	TS (MPa)	Observaciones
a	0,13	0,20	1,27	0,007	0,002	-	-		526	capa superficial de acero granulado ultra-fino
b	0,03-0,20	≤ 0,50	0,4-1,6	≤ 0,020	≤ 0,010	≤ 0,10	≤ 0,06		460-600	acero laminado por zonas de dos fases
c	0,02-0,20	≤ 0,8	0,3-2,5	≤ 0,035	≤ 0,02	≤ 0,10	≤ 0,100		350-650	acero laminado por zonas de dos fases
d	0,02-0,20	0,01-1,0	0,3-2,0	≤ 0,01	≤ 0,010	0,01-0,20	-		530-760	acero laminado por zonas de dos fases
e	0,005-0,15	0,01-1,6	0,5-2,0	≤ 0,01	≤ 0,005	≤ 0,05	-	Nb, V	630-890	acero laminado por zonas de dos fases
f	0,08-0,20	0,2-0,6	0,3-2,0	≤ 0,025	≤ 0,010	0,01-0,10	-	Cr, Ni, Nb, Cu	480-680	Acero en dos fases F+B
g	0,01-0,30	0,1-0,5	0,3-2,0	≤ 0,025	≤ 0,010	0,005-0,1	-		410-860	F+M, acero F+B+M

Nota) F: ferrita, B: bainita, M: martensita

Nota) Los valores de la Tabla están en porcentaje en masa

Tabla 2

Clasificación	Acero	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Ti	Al	B	N
Acero ordinario	A	0,16	0,35	1,45	0,012	0,004	-	-	-	-	-	-	-	0,031	-	0,0043
Acero ordinario	B	0,16	0,25	0,95	0,015	0,005	-	-	-	-	-	0,04	-	0,033	-	0,0045
Acero ordinario	C	0,08	0,28	1,54	0,013	0,002	-	-	0,15	0,15	0,015	-	0,012	0,025	-	0,0042
Acero ordinario	D	0,13	0,34	1,31	0,018	0,005	-	-	-	-	-	0,04	0,011	0,031	-	0,0036
Acero ordinario	E	0,12	0,31	1,25	0,015	0,004	-	-	-	-	-	0,05	-	0,028	-	0,0032
Acero ordinario	F	0,18	0,25	1,15	0,013	0,003	0,15	0,15	-	-	0,010	0,02	-	0,024	-	0,0029
Acero que evita la propagación	G	0,12	0,30	1,31	0,006	0,008	-	-	-	-	0,020	-	0,015	0,036	-	0,0030
Acero que evita la propagación	H	0,15	0,20	1,17	0,005	0,005	-	-	-	-	0,010	-	0,012	0,031	-	0,0020
Acero que evita la propagación	I	0,06	0,25	1,41	0,007	0,002	0,19	0,15	-	-	-	-	0,006	0,044	0,0008	0,0045
Acero que evita la propagación	J	0,10	0,35	1,38	0,011	0,004	-	-	-	-	0,006	-	0,009	0,012	-	0,0042
Acero que evita la propagación	K	0,08	0,20	1,35	0,010	0,005	-	-	0,20	0,20	0,015	-	0,011	0,028	-	0,0035
Acero que evita la propagación	L	0,10	0,22	1,38	0,011	0,005	-	-	-	0,30	-	0,04	0,012	0,025	-	0,0032

Nota) Los valores de la Tabla están en porcentaje en peso

Tabla 3

Clasific.	Ace ro	Espesor de product o (mm)	Espesor de placa de placa (mm)	Temp. de calentam. (°C)	Temp. comienzo de laminado basto (°C)	Enfriamiento intermedio		Temp. de comienzo del laminado y acabado (°C)	Temp. al comienzo del enfriam. (°C)	Velocidad de enfriam. (°C/s)	Temp. al comienzo del enfriam. (°C)	Tratamiento de re- calentamiento		Temp. de atemperad o (°C)
						Esesor de chapa al comienzo del revestim. (mm)	Velocidad de enfriam. (°C/s)					Temp. de re- calenta m. (°C)	Velocidad de enfriam. (°C/s)	
Acero ordinario	A	15	220	1100	1050			950	< 200	enfriado con aire	< 200	-	-	-
Acero ordinario	B	25	220	1050	1000	-	-	920	< 200	enfriado con aire	< 200	-	-	-
Acero ordinario	C	15	240	1100	1050	-	-	970	< 200	15	< 200	-	-	600
Acero ordinario	D	25	250	1150	1100	-	-	900	< 200	20	< 200	-	-	550
Acero ordinario	E	15	220	1050	1000	-	-	900	< 200	enfriado con aire	< 200	900	enfriado con aire	-
Acero ordinario	F	25	240	1100	1050	-	-	850	< 200	enfriado con aire	< 200	900	enfriado con aire	-
Acero que evita la propagación	G	15	220	1150	1100	88	4	720	530	20	530	-	-	-
Acero que evita la propagación	H	25	240	1050	1000	100	5	730	< 200	25	< 200	-	-	-
Acero que evita la propagación	I	15	250	1100	1050	-	-	780	470	20	470	-	-	-
Acero que evita la propagación	J	25	240	1150	1100	-	-	775	490	20	490	-	-	-
Acero que evita la propagación	K	15	240	1100	1050	-	-	750	< 200	25	< 200	-	-	-
Acero que evita la propagación	L	25	230	1050	1000	-	-	730	450	20	450	-	-	-

Tabla 4

Clasif.	Nº.	Acero	Veloc. propag. cuando $\Delta k=20$ MPa \sqrt{m} (m/ciclo)	Tratat. impacto ultrasónico	Tensión residual en el extremo	Distancia de la región comprimida desde la capa superficial (mm)	Vida presente (ciclos)	Vida de propagación (ciclos)	Vida hasta ruptura (ciclos)	Proporción de vida hasta ruptura con respecto a Nº. 1
Ej. Comp.	1	A	$4,0 \cdot 10^{-07}$	No	tracción	-	$6,00 \cdot 10^{04}$	$1,60 \cdot 10^{05}$	$2,20 \cdot 10^{05}$	1,0
Ej. Comp.	2	A	$4,0 \cdot 10^{-07}$	Si	compresiva	0,6	$2,70 \cdot 10^{05}$	$1,92 \cdot 10^{05}$	$4,62 \cdot 10^{05}$	2,1
Ej. Comp.	3	B	$4,8 \cdot 10^{-07}$	No	tracción	-	$5,70 \cdot 10^{04}$	$1,57 \cdot 10^{05}$	$2,14 \cdot 10^{05}$	1,0
Ej. Comp.	4	B	$4,8 \cdot 10^{-07}$	Si	compresiva	1,3	$2,82 \cdot 10^{05}$	$1,95 \cdot 10^{05}$	$4,77 \cdot 10^{05}$	2,2
Ej. Comp.	5	C	$3,6 \cdot 10^{-07}$	No	tracción	-	$6,30 \cdot 10^{04}$	$1,68 \cdot 10^{05}$	$2,31 \cdot 10^{05}$	1,1
Ej. Comp.	6	C	$3,6 \cdot 10^{-07}$	Si	compresiva	0,7	$2,76 \cdot 10^{05}$	$2,00 \cdot 10^{05}$	$4,76 \cdot 10^{05}$	2,2
Ej. Comp.	7	D	$4,0 \cdot 10^{-07}$	No	tracción	-	$5,58 \cdot 10^{04}$	$1,71 \cdot 10^{05}$	$2,27 \cdot 10^{05}$	1,0
Ej. Comp.	8	D	$4,0 \cdot 10^{-07}$	Si	compresiva	1,4	$2,88 \cdot 10^{05}$	$1,98 \cdot 10^{05}$	$4,86 \cdot 10^{05}$	2,2
Ej. Comp.	9	E	$3,6 \cdot 10^{-07}$	No	tracción	-	$5,70 \cdot 10^{04}$	$1,68 \cdot 10^{05}$	$2,25 \cdot 10^{05}$	1,0
Ej. Comp.	10	E	$3,6 \cdot 10^{-07}$	Si	compresiva	0,7	$2,74 \cdot 10^{05}$	$1,97 \cdot 10^{05}$	$4,71 \cdot 10^{05}$	2,1
Ej. Comp.	11	F	$4,0 \cdot 10^{-07}$	No	tracción	-	$5,64 \cdot 10^{04}$	$1,70 \cdot 10^{05}$	$2,26 \cdot 10^{05}$	1,0
Ej. Comp.	12	F	$4,0 \cdot 10^{-07}$	Si	compresiva	1,5	$2,94 \cdot 10^{05}$	$2,05 \cdot 10^{05}$	$4,99 \cdot 10^{05}$	2,3
Ej. Comp.	13	G	$8,0 \cdot 10^{-08}$	No	tracción	-	$7,20 \cdot 10^{04}$	$3,52 \cdot 10^{05}$	$4,24 \cdot 10^{05}$	1,9
Presente invención	14	G	$8,0 \cdot 10^{-08}$	Si	compresiva	1,7	$3,00 \cdot 10^{05}$	$4,80 \cdot 10^{05}$	$7,80 \cdot 10^{05}$	3,5
Ej. Comp.	15	H	$6,8 \cdot 10^{-08}$	No	tracción	-	$6,90 \cdot 10^{04}$	$3,68 \cdot 10^{05}$	$4,37 \cdot 10^{05}$	2,0
Presente invención	16	H	$6,8 \cdot 10^{-08}$	Si	compresiva	2,8	$3,06 \cdot 10^{05}$	$4,96 \cdot 10^{05}$	$8,02 \cdot 10^{05}$	3,6
Ej. Comp.	17	I	$1,0 \cdot 10^{-07}$	No	tracción	-	$6,60 \cdot 10^{04}$	$3,36 \cdot 10^{05}$	$4,02 \cdot 10^{05}$	1,8
Presente invención	18	I	$1,0 \cdot 10^{-07}$	Si	compresiva	1,8	$2,97 \cdot 10^{05}$	$4,72 \cdot 10^{05}$	$7,69 \cdot 10^{05}$	3,5
Ej. Comp.	19	J	$8,0 \cdot 10^{-08}$	No	tracción	-	$6,48 \cdot 10^{04}$	$3,52 \cdot 10^{05}$	$4,17 \cdot 10^{05}$	1,9
Presente invención	20	J	$8,0 \cdot 10^{-08}$	Si	compresiva	2,6	$3,00 \cdot 10^{05}$	$4,88 \cdot 10^{05}$	$7,88 \cdot 10^{05}$	3,6
Ej. Comp.	21	K	$5,0 \cdot 10^{-08}$	No	tracción	-	$7,50 \cdot 10^{04}$	$3,84 \cdot 10^{05}$	$4,59 \cdot 10^{05}$	2,1
Presente invención	22	K	$5,0 \cdot 10^{-08}$	Si	compresiva	1,9	$3,12 \cdot 10^{05}$	$5,28 \cdot 10^{05}$	$8,40 \cdot 10^{05}$	3,8
Ej. Comp.	23	L	$4,0 \cdot 10^{-08}$	No	tracción	-	$7,20 \cdot 10^{04}$	$4,16 \cdot 10^{05}$	$4,88 \cdot 10^{05}$	2,2
Presente invención	24	L	$4,0 \cdot 10^{-08}$	Si	compresiva	3,1	$3,30 \cdot 10^{05}$	$5,92 \cdot 10^{05}$	$9,22 \cdot 10^{05}$	4,2

Susceptibilidad de aplicación industrial

5 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método para producir juntas soldadas circularmente, que se caracterizan por una excelente resistencia a la fatiga obtenida por medio de soldadura de los extremos de dos piezas de chapas de acero juntas perpendicularmente y usadas para estructuras soldadas tales como edificios, barcos, puentes, maquinaria de construcción y estructuras marinas.

10 Concretamente, las partes terminales de la junta soldada circularmente, que usa una chapa de acero que evita la propagación de fisuras debidas a la fatiga, se someten a un tratamiento de impacto ultrasónico para aumentar la vida hasta ruptura de la junta soldada hasta un valor no menor que tres veces el valor de las juntas soldadas convencionales y, además, para mejorar la fiabilidad de las estructuras soldadas frente a la ruptura por fatiga, lo que constituyen efectos muy útiles desde el punto de vista industrial.

REIVINDICACIONES

5 1.- Un método para producir una estructura soldada con una junta (3) soldada circularmente que se caracteriza por una excelente resistencia a la fatiga, obteniéndose dicha junta (3) soldada circularmente por medio de soldadura de los extremos de dos piezas (1, 2) de una chapa de acero juntas perpendicularmente, caracterizada por que en un intervalo dentro de 5 mm desde la parte terminal de la junta (3) soldada circularmente es sometida a impacto con un terminal (5) de oscilación ultrasónica, siendo al menos la chapa de acero (1) sobre la cual se ejerce la tensión una que evita la propagación de fisuras debidas a fatiga, cuando el espesor de dicha chapa de acero (1) viene indicado por t , la tensión residual en la dirección de tensión principal es la tensión residual compresiva a lo largo de un intervalo no menor que $t/10$ o no menor que 3 mm en la dirección de espesor de chapa desde la superficie soldada circularmente de dicha chapa de acero (1) en la parte terminal (4) de la soldadura.

10 2. Un método para producir una estructura soldada con una junta (3) soldada circularmente que se caracteriza por una excelente resistencia a la fatiga de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dicha chapa de acero (1) es una que presenta una tensión residual compresiva en la capa superficial de dicha chapa de acero (1).

15

Fig.1(a)

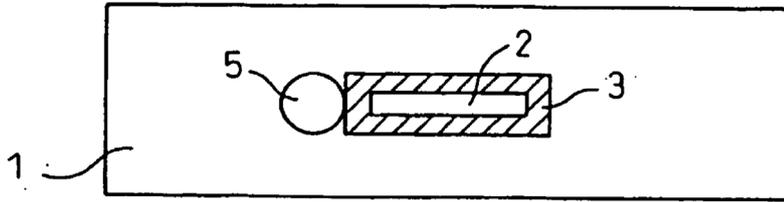


Fig.1(b)

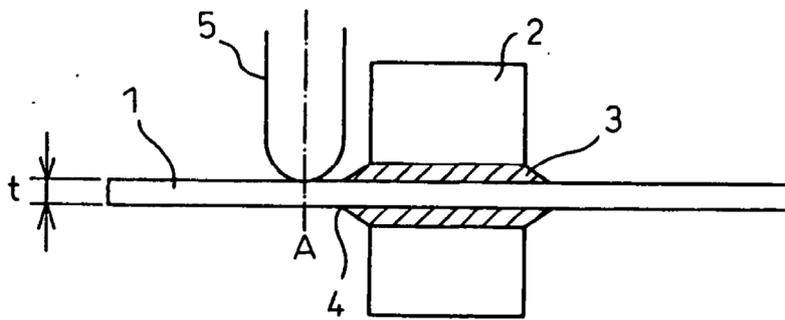


Fig.2

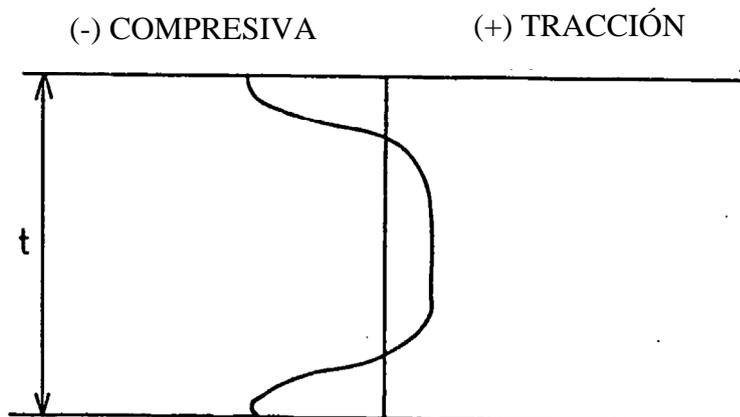


Fig.3

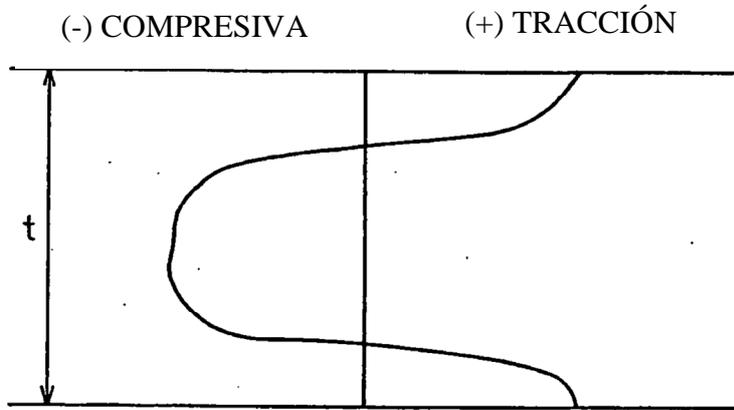


Fig.4

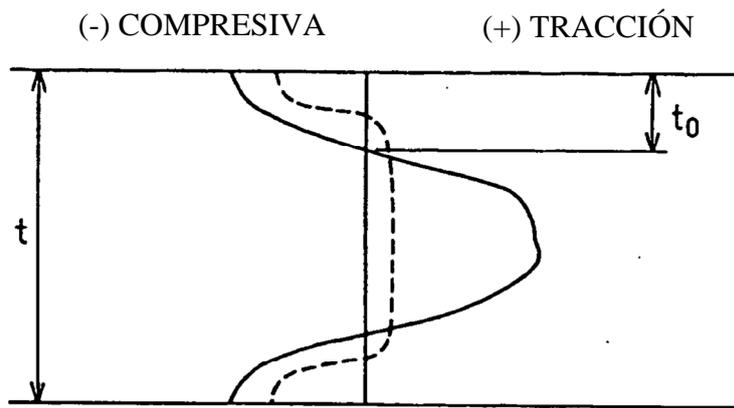


Fig.5(a)

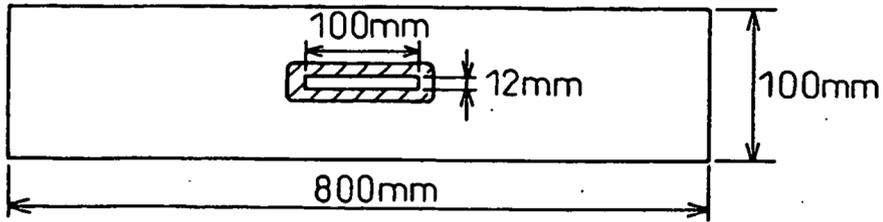


Fig.5(b)

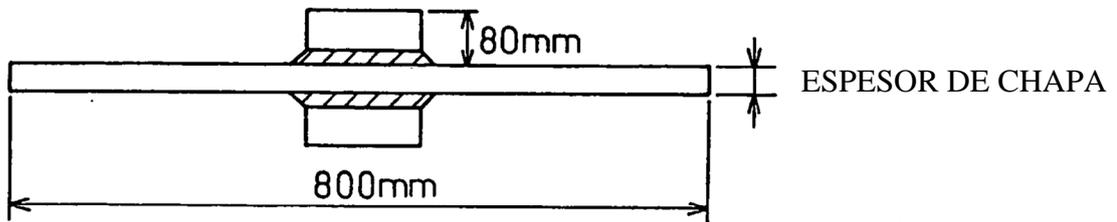


Fig.6

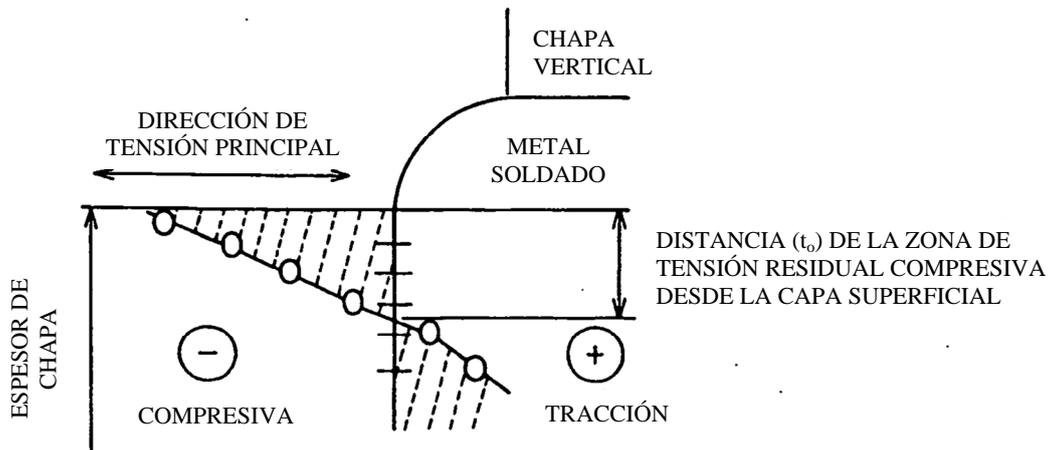


Fig. 7(a)

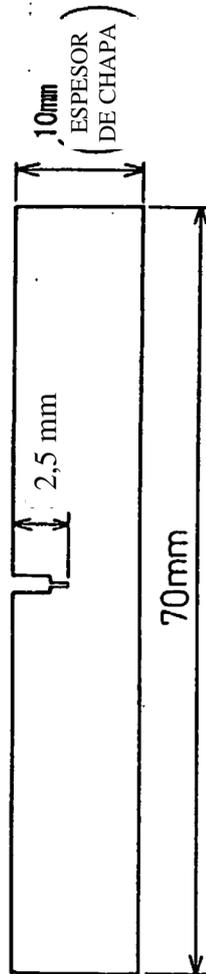


Fig. 7(b)

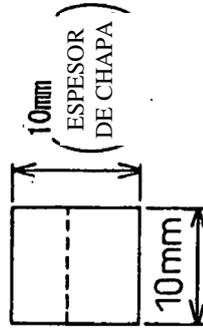


Fig. 8

